

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Tomislav Zajec

Zagreb, 2013.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr. sc. Neven Pavković

Student:

Tomislav Zajec

Zagreb, 2013.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Tijekom same razrade zadatka nailazio sam na niz problema stoga bi se zahvalio svom mentoru prof. dr. sc. Nevenu Pavkoviću na razumijevanju i savjetima.

Također hvala mojoj obitelji i prijateljima na razumijevanju i podršci.

Tomislav Zajec

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	IV
POPIS OZNAKA	V
SAŽETAK.....	VII
1. UVOD	1
2. TRAKTORI.....	2
2.1 Općenito o traktorima.....	2
2.2 Način priključka na izlazno vratilo traktora	6
3. KONKURENTSKI PROIZVODI	7
3.1 Jolly	7
3.2 ZRT	8
3.3 RMS	9
3.4 Hittner.....	10
4. GENERIRANJE KONCEPATA.....	11
4.1 Koncept 1	14
4.2 Koncept 2	15
5. PRORAČUN I ODABIR STANDARDNIH DIJELOVA	16
5.1 Odabir kutnog multiplikatora	16
5.2 Proračun remenskog prijenosa	17
5.3 Proračun vratila	18
5.4 Proračun ležajeva	21
5.5 Odabir kotača	22
5.6 Odabir noža	23
5.7 Odabir standardne prirubnice za nož.....	23
6. ZAKLJUČAK	24
LITERATURA:.....	25
PRILOZI.....	26

POPIS SLIKA

Slika 1: Traktor [2]	2
Slika 2: Vrste traktorskih poteznica [3]	3
Slika 3: Prikaz standardiziranog priključka traktora [3]	4
Slika 4: Dijelovi tro-spojne veze traktora [3]	4
Slika 5: Priključno vratilo traktora [6]	6
Slika 6: Kardansko vratilo [5]	6
Slika 7: Kosilica model Jolly [2]	7
Slika 8: Kosilica model ZRT [7]	8
Slika 9: Kosilica model RMS sa pogonom preko izlaznog vratila traktora [8]	9
Slika 10: Kosilica tvrtke Hittner [9]	10
Slika 11: Funkcijska dekompozicija	11
Slika 12: Koncept 1	14
Slika 13: Koncept 2	15
Slika 14: Kutni multiplikator JCTT XH30.192Z.01L [10]	16
Slika 15: Kotač Tellure rota [11]	22
Slika 16: Univerzalni nož za kosilicu Agroforg [12]	23
Slika 17: Blade adapter kit MTD [13]	23

POPIS TABLICA

Tablica 1: Tehnički podaci kosilice Jolly [2]	7
Tablica 2: Tehnički podaci kosilice ZRT [7]	8
Tablica 3: Tehnički podaci kosilice RMS [8]	9
Tablica 4: Tehnički podaci kosilice Hittner [9]	10
Tablica 5: Morfološka matrica	13
Tablica 6: Podaci o kotaču Tellure rota [11]	22

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

ZAV-13-09-00	Rotacijska kosilica trave
ZAV-13-09-01	Nosiva konstrukcija kućišta
ZAV-13-09-02	Sklop nosača noža
ZAV-13-09-03	Vratilo
ZAV-13-09-04	Mala remenica

POPIS OZNAKA

a [mm] - osni razmak vratila

b_1 [-] - faktor veličine

b_2 [-] - faktor kvalitete površine

C [kN] - dinamička nosivost normalnog ležaja

c_1 [-] - faktor obuhvatnog kuta

c_2 [-] - faktor opterećenja

c_3 [-] - faktor duljine za uske klinaste remene

c_4 [-] - faktor djelovanja za uske klinaste remene

c_5 [-] - faktor prijenosnog omjera za pogone uskim klinastim remenima

d [mm] - najmanji dopušteni promjer vratila u opterećenom području

D_1 [mm] - promjer velike remenice

D_2 [mm] - promjer male remenice

D_{min} [mm] - minimalni dozvoljeni promjer male remenice

F [N] - sila u remenu

F_0 [N] - zamišljeno djelovanje pojedinačne sile koja izaziva jednako veliko opterećenje kao da djeluju poprečna i uzdužna sila zajedno

F_a [N] - aksijalna sila u ležaju

F_A [N] - sila koja opterećuje vratilo

F_B, F_C [Nm] - sile u ležajevima

f_L [-] - faktor vijeka trajanja ležaja

f_n [-] - faktor brzine vrtnje ležaja

F_r [N] - radijalna sila u ležaju

f_t [-] - faktor temperature

i [-] - prijenosni omjer

L_a [mm] - aktivna duljina klinastog remena

L_h [h] - nominalan vijek trajanja ležaja

M [N/mm²] - moment naprezanja u opasnom presjeku

M_{red} [N/mm²] - reducirani moment naprezanja u opasnom presjeku

n_1 [o/min] - brzina vrtnje velike remenice

n_2 [o/min] - brzina vrtnje male remenice

n_{pot} [o/min] - potrebna brzina vrtnje noža

P [kN] - dinamičko ekvivalentno opterećenje ležaja

p [-] - faktor oblika ležaja

P_2 [kW] - snaga koja se prenosi klinastim remenom

P_N [kW] - nazivna snaga klinastog remena

S_{post} [-] - postojeća sigurnost u kritičnom presjeku

T_2 [Nm] - okretni moment na vratilu noža

v [m/s] - brzina remena

W [mm³] - moment otpora odgovarajućeg presjeka

X_0 [-] - poprečni faktor

Y_0 [-] - uzdužni faktor

z [-] - potreban broj klinastih remena

α_0 [-] - odnos koji pokazuje način naprezanja na savijanje i uvijanje

β [rad] - obuhvatni kut remena

β_{kf} [-] - faktor zareznog djelovanja

γ [rad] - kut nagiba vučnog i slobodnog ogranka

σ_f [N/mm²] - naprezanja nastala od savojnog opterećenja

σ_{fDN} [N/mm²] - dinamička izmjenična promjenjiva izdržljivost materijala

σ_{fDNdop} [N/mm²] - dopuštena dinamička izdržljivost materijala

τ_{DI} [N/mm²] - dinamičko torzijsko naprezanje

SAŽETAK

Kvalitetna košnja travnjaka važna je u poljoprivredi, ali i u uređivanju parkova, perivoja i svih travnatih površina. Košnja travnjaka utječe na gustoću travnatog pokrivača pospješujući rast lisne mase i korijena, a važna je i zbog estetskog dojma.

Za kvalitetan rez potrebna je kvalitetna kosilica s oštrim noževima jer tupi noževi čupaju vlati, što dovodi do oštećenja busenova, vlati dehidriraju i postaju podložnije bolestima. U ovom radu bavimo se rotacijskom kosilicom koju pokreće traktor.

Traktori su sredstva koja služe za pokretanje i navođenje ostalih strojeva u poljoprivredi. Glavni su izvor snage i kretanja u poljoprivredi.

Na tržištu postoji više modela rotacijskih kosilica. Proučavali smo konkurentske proizvode Jolly, ZRT, RMS i Hittner te smo došli do zaključka da su postojeća rješenja vrlo slična, ali ima prostora za određena poboljšanja. Koncept na kojem se temelji naše rješenje ima tri noža, ali je prijenos snage izveden s tri različita remena. Na svaki nož ide zaseban remen, što znatno pojednostavljuje izvedbu. Koncept ima mogućnost pomaka trotočja lijevo - desno, što omogućuje pomak kosišta pokraj kotača traktora.

1. UVOD

Košnja travnjaka utječe na gustoću travnatog pokrivača pospješujući rast lisne mase i korijena. Važna je i zbog estetskog dojma. U proljetnim mjesecima košnja se obavlja na suhim travnjacima u pravilu dva puta. Međutim, učestalost košnji ovisi o visini košnje (što je rez niži, košnja je učestalija), ali i o travnoj mješavini. Suvremene travne mješavine sjemena sastavljene su od spororastućih trava, što smanjuje potrebu za košnjom. Visina košnje ovisi o namjeni travnjaka. Košnja treba biti redovita, ali ne treba odstraniti više od jedne trećine visine trave. Kod ukrasnih travnjaka koji se uglavnom ne gaze visina reza iznosi 1,5 do 2,5 cm. Kod travnjaka koji se gaze i služe kao igralište visina reza iznosi 2,5 do 3,5 cm. Kod mladih travnjaka prva košnja obavlja se kada je trava dosegla visinu 6 do 8 cm. Za kvalitetan rez potrebna je kvalitetna kosilica s oštrim noževima, jer tupi noževi čupaju vlasi, što dovodi do oštećenja busenova, vlasi dehidriraju i postaju podložnije bolestima. Osim kvalitetnog alata potrebno je i nešto znanja o košnji. Naime, nije preporučljivo gurati kosilicu naprijed-natrag, već ju gurati u smjeru košnje. Svaka sljedeća košnja treba biti pod pravim kutom u odnosu na prethodnu. Ukoliko su količine otkosa trave male, otkos može ostati na travnjaku. Ako se radi o teškom glinovitom tlu, nakon košnje preporučuje se skupljanje otkosa kako ne bi došlo do truljenja i propadanja travnjaka.



Slika1: Košnja trave [1]

2. TRAKTORI

2.1 Općenito o traktorima

Traktori su sredstva koja služe za pokretanje i navođenje ostalih strojeva u poljoprivredi. Također su glavni izvor snage i kretanja u poljoprivredi. Traktori se mogu podijeliti prema raznim kriterijima. Prema namjeni, traktori bi se mogli podijeliti na ratarske, voćarsko-vinogradarske i šumarske. Prema izvedbi, traktori se dijele na dvoosovinske i jednoosovinske (motokultivatori). Traktori se sastoje od: motora, šasije, transmisije, upravljačkog mehanizma, hidraulike i kotača. Princip rada traktora je prijenos snage motora putem transmisije na zadnje kotače ili sva četiri kotača.



Slika 1: Traktor [2]

Transmisija se sastoji od kvačila, mjenjačke kutije i diferencijala. Svrha kvačila je odvajanje mjenjačke kutije od motora pri paljenju i promjeni brzina. Mjenjač služi promjeni brzina, a diferencijal omogućuje neovisno okretanje poluosovina traktora. Traktori mogu imati pogon

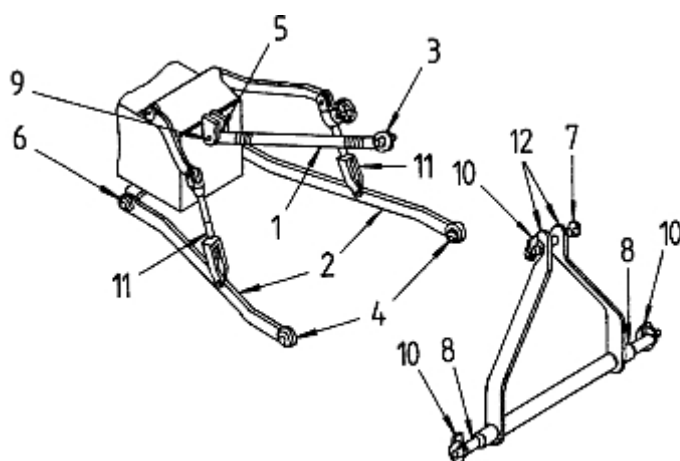
na dva stražnja kotača (oznaka 2WD, eng. two wheel drive) ili na sva četiri kotača (oznaka 4WD). Gume na stražnjim kotačima su obično tzv. ripnjače, a na prednjim kotačima poljsko-cestovne ili „ripnjače“. Ripnjače se koriste zato jer puno bolje funkcioniraju na mekanim i mokrim površinama. Traktori na stražnjem mostu imaju hidrauliku koja služi reguliranju položaja priključaka. Priključci se priključuju na traktor u tri točke na takozvano „trotočje“. Prva je točka gdje dolazi tzv. „poteznica“, centralna spojnica ili topling, što predstavlja zapravo polugu s navojem za reguliranje kuta nagiba samog priključka. Novija izvedba centralne spojnice radi na principu hidrauličnog cilindra i koristi se na velikim traktorima. Visina priključka „poteznice“ od tla je od 900 do 1000 mm. Preostale dvije točke priključka su zapravo dvije zadnje grede na traktoru, koje služe za podizanje i spuštanje priključka. To se ostvaruje pomoću hidraulike. Raspon zadnjih priključnih greda (ruku) varira od 500 do 800 mm. Ovisno o traktoru, pomoću trotočja možemo dizati priključke mase do 10000 kg. Drugi način priključivanja priključaka na traktor je pomoću poteznice. Na poteznicu se priključuju samo uređaji koji služe za vuču i koji imaju kotače (prikolice, cisterne i sl.).



Slika 2: Vrste traktorskih poteznica [3]



Slika 3: Prikaz standardiziranog priključka traktora [3]



Slika 4: Dijelovi tro-spojne veze traktora [3]

Na slici 4 prikazani su dijelovi tro-spojne veze:

1. Gornja poveznica: opremljena zglobnom vezom na oba kraja
2. Donje poveznice: opremljene zglobnom vezom na oba kraja
3. Mjesto gornjeg pričvršćenja: zglobna veza između gornje poveznice i priključka
4. Mjesto donjeg pričvršćenja: zglobna veza između donje poveznice i priključka
5. Gornje mjesto povezivanja: zglobna veza između gornje poveznice i traktora
6. Donje mjesto povezivanja: zglobna veza između donje poveznice i traktora
7. Spoj gornjeg pričvršćenja: klin, obično odvojiv tako da čini dio gornje poveznice, koji služi za pričvršćenje gornje poveznice
8. Spoj donjeg pričvršćenja: klin, ili karika i klin, obično dio priključka, pomoću kojeg se pričvršćuje donja poveznica
9. Spoj gornjeg mjesta povezivanja: klin pomoću kojega je gornja poveznica spojena na traktor
10. Zakovica (osigurač): klin, obično opremljen potpornom oprugom, koji osigurava da zglobna veza ostane na mjestu.
11. Podizači: poveznice koje prenose silu za dizanje i spuštanje donjih poveznica
12. Katarka: dio na priključku na kojem se nalazi gornje mjesto pričvršćenja

2.2 Način priključka na izlazno vratilo traktora

Prijenos snage i momenta s traktora na priključke ostvaruje se pomoću zglobnog vratila (kardana), koje se priključuje na izlazno vratilo traktora koje se uobičajeno nalazi na stražnjoj strani traktora, ali postoje i izvedbe traktora koji imaju izlazno vratilo smješteno na prednjoj ili na obje strane. Kod priključnog vratila treba znati njegov broj okretaja u minuti (rpm) i smjer rotacije zbog odabira kompatibilnih priključaka. Najveći broj priključaka radi na 540 okretaja u minuti, a najčešće je podešen tako da 540 o/min postiže na 75% nominalne brzine vrtnje motora pa ako je npr. nominalna brzina vrtnje motora traktora 2500 o/min, na priključnom vratilu bit će 540 o/min pri brzini vrtnje motora od 1875 o/min. Postoje izvedbe traktora koji postižu 750 o/min i 1000 o/min. Takvi traktori obično imaju snagu veću od 60 kW. Dimenzije priključnih vratila su također standardizirane. Vanjski promjer iznosi 34,9 mm. Visina izlaznog vratila na traktoru varira od modela do modela i kreće se u granicama od 450 do 875 mm. Konkretno, kod traktora IMT 533 prijenosni odnos između motora i priključnog vratila iznosi 2,78:1, tj. kod brzine vrtnje motora traktora od 1500 min^{-1} broj okretaja priključnog vratila iznosi 540 min^{-1} .



Slika 5: Priključno vratilo traktora [6]



Slika 6: Kardansko vratilo [5]

3. KONKURENTSKI PROIZVODI

3.1 Jolly

Tvrtka Mesis ima u ponudi jedan model rotacijske kosilice vučene traktorom, Jolly. Model je izveden u tri različite širine košnje s bočnim izbacivanjem trave. Standardna oprema modela je: okvir s plivajućim priključcima u 3 točke, pogonski mehanizam za 540 o/min, kotači s regulacijom visine košnje i kardanska osovina. U tablici koja slijedi nalaze se detaljnije informacije o proizvodu.

JOLLY S BOČNIM IZBACIVANJEM TRAVE							
MODEL	Radna širina cm	Ukupna širina cm	Broj noževa kom	Potrebna snaga KS	Težina stroja kg	Veleprodajna cijena kuna	Maloprodajna cijena kuna
JOLLY 120 B	120	145	3	14-40	165	9.600,00	12.000,00
JOLLY 150 B	150	175	3	23-40	190	10.800,00	13.500,00
JOLLY 180 B	180	205	3	32-40	230	11.900,00	14.875,00

Tablica 1: Tehnički podaci kosilice Jolly [2]



Slika 7: Kosilica model Jolly [2]

3.2 ZRT

Sljedeći konkurentski proizvod je kosilica tvrtke Zanon. Njihov model nosi naziv ZRT. Razlika ovog modela u odnosu na prethodni je u tome što je ovaj namijenjen samo za male traktore. Proizvod ima standardni plivajući priključak u tri točke i može se prikopčati na prednje i stražnje izlazno vratilo traktora. Visina košnje podešava se na kotačima, a izbacivanje trave je bočno. Detaljniji podaci o modelu nalaze se u tablici.

model modell		working width durchmesser	power leistung	blades messer	weight gewicht	dimensions größe
		cm.	hp	N°	Kg.	cm.
ZRT 1200 DX / SX post/rear/heck	1002042 / 43	120	20/25	4	120	165x110x170

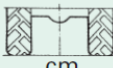


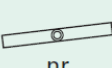





Tablica 2: Tehnički podaci kosilice ZRT [7]



Slika 8: Kosilica model ZRT [7]

3.3 RMS

Sljedeći konkurentski proizvod je kosilica tvrtke Ino Brežice, model RMS. U njihovoj ponudi postoji model rotacijske kosilice s plivajućim priključkom u 3 točke. Ponuda im je vrlo slična kao i u tvrtki Mesis, postoji jedan model kosilice s različitom širinom košnje i za različite veličine traktora. Visina košnje se, kao i u prethodna dva proizvoda, regulira na kotačima. Razlika u odnosu na prethodna dva proizvoda je u načinu izbacivanja trave. Kosilica tipa RMS izbacuje travnu masu straga, ali kao dodatna oprema može doći i s izbacivanjem mase sa strane. Kao dodatna oprema dolazi i pogon s hidro motorom. Detaljniji podaci o proizvodu nalaze se u tablici.

TEHNIČNI PODATKI / TEHNIČKI PODACI / TECHNICAL DATA / TECHNISCHE DATEN							
Model Typ	 cm	 kW  KS/HP/PS	 nr.	 kg	 rpm u/min		
RMS 120	60  60	10-17 14-23	3	165	540		
RMS 150	75  75	17-24 23-32	3	190	540		
RMS 180	90  90	24-30 32-40	3	230	540		

Tablica 3: Tehnički podaci kosilice RMS [8]



Slika 9: Kosilica model RMS sa pogonom preko izlaznog vratila traktora [8]

3.4 Hittner

Posljednji konkurentski proizvod koji sam pronašao je kosilica tvrtke Hittner. Proizvod je vrlo sličan ostalim konkurentskim proizvodima, ali s naglaskom na činjenici da je za male parkovske traktore. Za razliku od ostalih, nema 3 rotacijska noža, već samo 1 i nema plivajući priključak. Radni zahvat je smanjen u odnosu na ostale. Detaljniji podaci o proizvodu nalaze se u tablici.

TEHNIČKI PODACI	
Radni zahvat	1000 mm
Nosač noža	1
Broj letećih noževa	2
Ulazni broj okretaja	540 - 800 o/min
Priključak	priključak u 3 točke
Mogućnosti	mogućnost podešavanja visine košnje

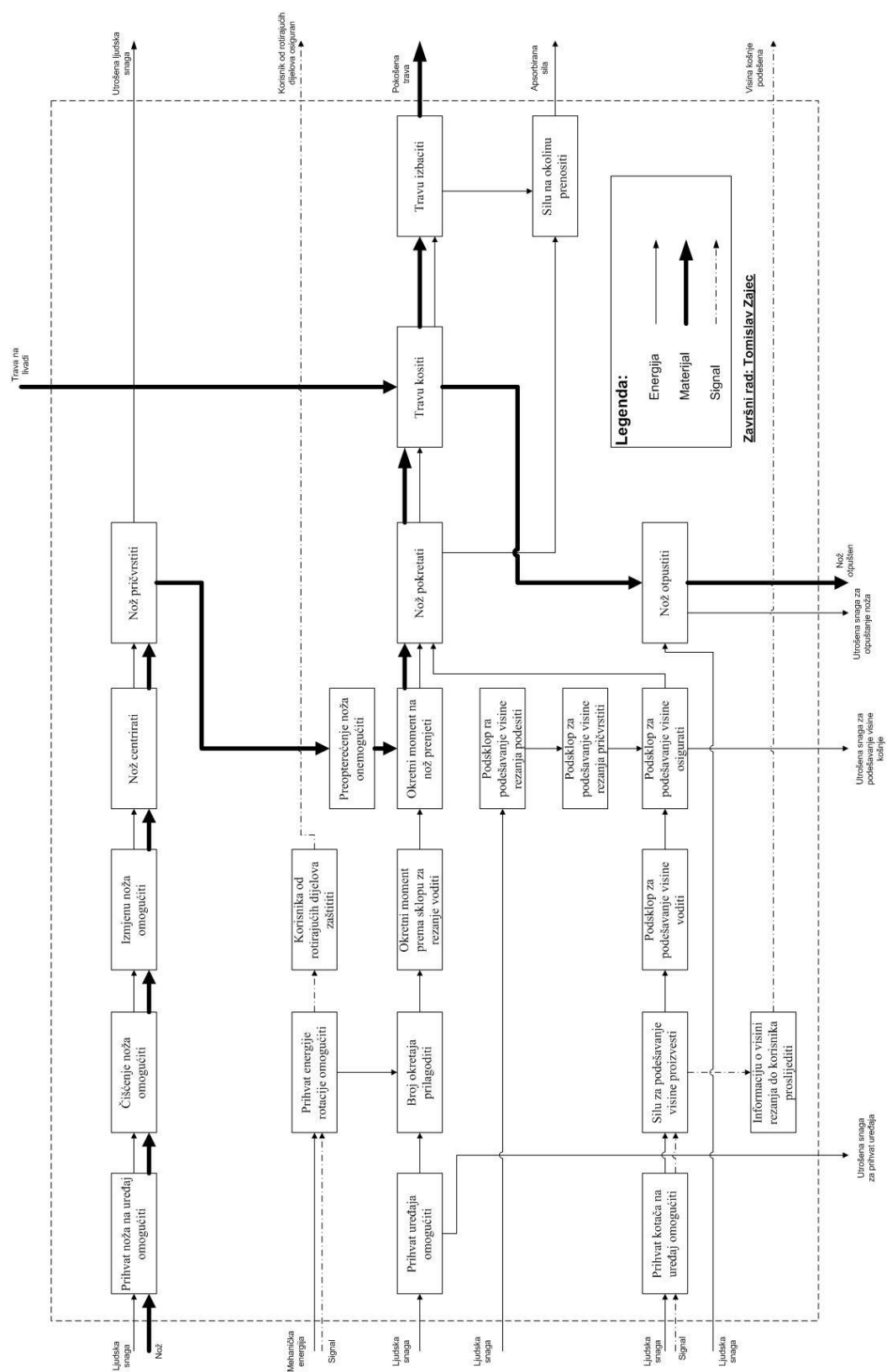
Tablica 4: Tehnički podaci kosilice Hittner [9]





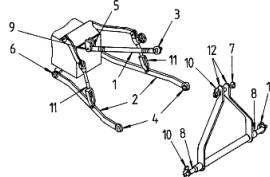








Slika 10: Kosilica tvrtke Hittner [9]














Promatrajući konkurentske proizvode došao sam do zaključka da su postojeća rješenja vrlo slična, ali ipak ima prostora za određena poboljšanja.

4. GENERIRANJE KONCEPATA



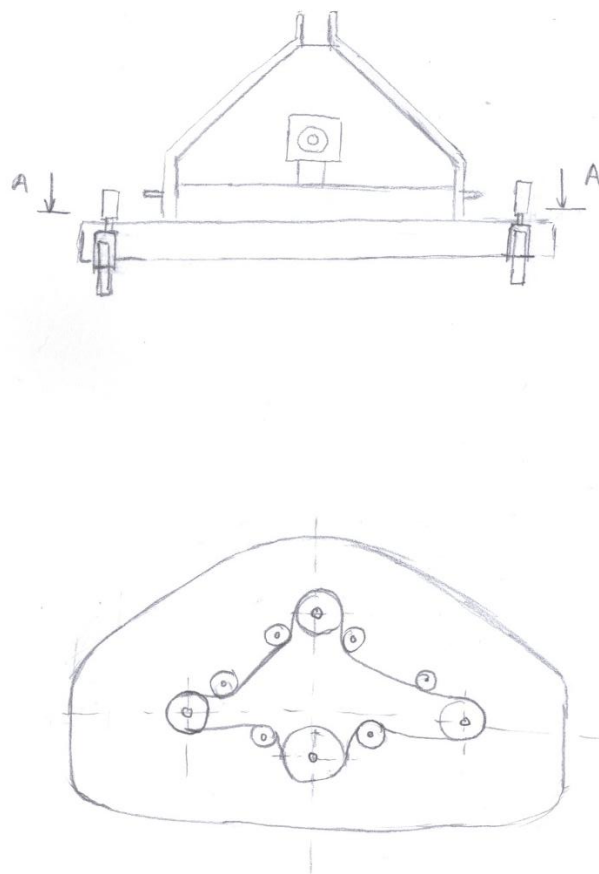
Slika 11: Funkcijska dekompozicija

1. Prihvat noža na uređaj omogućiti 2. Čišćenje noža omogućiti 3. Izmjenu noža omogućiti 4. Nož centrirati 5. Nož pričvrstiti 6. Nož otpustiti	Prirubnicom s vijcima 		
7. Prihvat energije rotacije omogućiti	Kardanskim vratilom 		
8. Korisnika od rotirajućih dijelova zaštititi	Zaštitni poklopac	Plast kosilice	Zaštita na kardanskom vratilu
9. Prihvat uređaja omogućiti	Trotočje 		
10. Broj okretaja prilagoditi 11. Okretni moment prema sklopu za rezanje voditi	Remenski prijenos 	Lančani prijenos 	Zupčanic 
12. Okretni moment na nož prenijeti 13. Nož pokretati	Vratilo 	Prirubnicom s vijcima 	
14. Preopterećenje noža onemogućiti	Spojka 	Remenski prijenos 	
15. Travu kositi 16. Travu izbaciti	Nož 		

17. Prihvata kotača na uređaj omogućiti	Prirubnica	Nosac		
18. Silu za podešavanje visine proizvesti	Ruke 	Pneumatika 	Hidraulika 	
19. Informaciju o visini rezanja do korisnika prenijeti	Senzori 	Svjetlosni signal 	Zvučni signal 	Vizualna kontrola 
20. Podsklop za podešavanje visine rezanja voditi	Hidraulika 	Vreteno – matica 	Zupčanci 	Klizač sa podložnim prstenovima
21. Podsklop za podešavanje visine rezanja podesiti				
22. Podsklop za podešavanje visine rezanja pričvrstiti	Vijak 	Rascjepka 	Osigurač 	
23. Podsklop za podešavanje visine rezanja osigurati				
24. Silu na okolinu prenositi	Kotačem	Veza s traktorom preko trotočja		

Tablica 5: Morfološka matrica

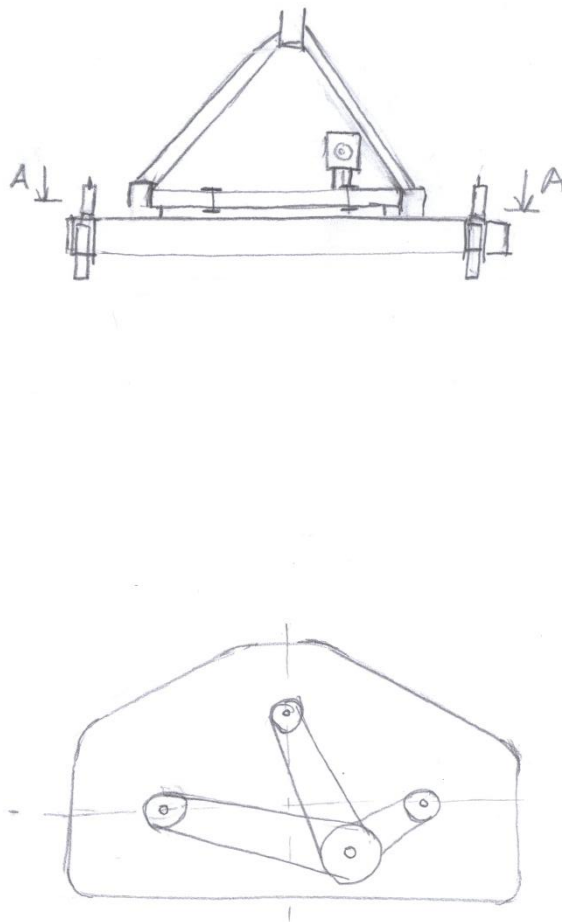
4.1 Koncept 1



Slika 12: Koncept 1

Koncept 1 je zamišljen kao rotacijska kosilica s tri noža pogonjena jednim remenom. Trotočje je čvrsto vezano za kosište te nema mogućnosti pomicanja kosilice. Sam prijenos snage je kompliciran te je koncept zbog toga napušten.

4.2 Koncept 2



Slika 13: Koncept 2

Koncept 2 također ima tri noža, ali je prijenos snage izveden s tri različita remena. Na svaki nož ide zaseban remen, što znatno pojednostavljuje izvedbu. Koncept 2 ima mogućnost pomaka trotočja lijevo - desno, što omogućuje pomak kosišta pokraj kotača traktora. Zbog funkcionalnosti i jednostavnosti prijenosa, za daljnju razradu odabran je koncept 2.

5. PRORAČUN I ODABIR STANDARDNIH DIJELOVA

5.1 Odabir kutnog multiplikatora

Kako bismo rotacijsko gibanje s izlaznog vratila traktora doveli do noževa za košnju trave potrebno nam je kardansko vratilo između traktora i kosilice. Kardansko vratilo spaja se na kutni multiplikator tvrtke JCTT; model XH30.2833Z.01L. Prijenosnog omjera 1:2,83, ulazne snage 30 KS izlaznog momenta 60 Nm i brzine vrtnje 1528,2 o/min. Kutni multiplikator nam je potreban jer je izlazni broj okretaja na vratilu traktora standardiziran na 540 o/min, a za optimalnu iskoristivost i dobre rezultate košnje proizvođač noževa za kosilice preporuča brzinu vrtnje preko 3000 o/min, a također trebamo promijeniti ravninu vrtnje kako bi bilo moguće prenijeti okretni moment na noževe kosilice. Masa multiplikatora je 16,4 kg.



Slika 14: Kutni multiplikator JCTT XH30.192Z.01L [10]

5.2 Proračun remenskog prijenosa

Budući da nam brzina vrtnje dobivena kutnim multiplikatorom nije dovoljna za košnju trave, potrebno je i remenski prijenos izvesti kao multiplikacijski. Proračun napravljen prema [14], [15].

Potreban prijenosni omjer

$$i = \frac{n_1}{n_{pot}} = \frac{1528,2}{3000} = 0,51$$

Iz prijenosnog omjera i minimalnog promjera male remenice dobivamo promjer velike remenice:

$D_2 = D_{min} = 90$ mm minimalni promjer remenice za klinaste remene

$$i \approx \frac{D_2}{D_1} \Rightarrow D_1 = \frac{D_2}{i} = \frac{90}{0,51} = 176,7 \text{ mm} \Rightarrow D_1 = 177 \text{ mm}$$

Iz promjera remenica i novog prijenosnog omjera dobivamo stvarnu brzinu vrtnje male remenice (noža).

$$n_2 = 3005,5 \text{ o/min}$$

Iz brzine vrtnje i promjera remenica dobiva se brzina remena:

$$v = D_1 \cdot \pi \cdot n_1 = D_2 \cdot \pi \cdot n_2 = 14,2 \text{ m/s}$$

Obuhvatni kut manje remenice:

$$a = 0,262 \text{ m}$$

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot a} = 0,165945 \Rightarrow \frac{\beta}{2} = 1,4 \text{ rad}$$

Duljina remena:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \frac{\beta}{2} = 0,17 \text{ rad}$$

$$L_a = 2 \cdot a \cdot \sin \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 - D_2) + \frac{\gamma}{2} \cdot (D_1 - D_2) = 661 \text{ mm}$$

Odabiremo remen profila SPA 12,5 sa karakteristikama:

$$P_N = 6,6 \text{ kW}$$

$$c_1 = 1; c_2 = 1,1; c_3 = 0,83; c_4 = 0,32; c_5 = 1,37$$

Snaga koja se prenosi na jedan nož iznosi:

$$P_2 = 3 \text{ kW}$$

Uzimajući u obzir sve navedene utjecaje može se izračunati potreban broj remena:

$$z = \frac{P_2 \cdot c_2}{P_N \cdot c_1 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5} = 1,37 \Rightarrow z = 1$$

5.3 Proračun vratila

Sila koja opterećuje vratilo može se odabrati s:

$$F_A \approx 2 \cdot F = 423,65 \text{ N}$$

$$F = \frac{P}{v} = 211,82 \text{ N}$$

Torzijski moment na vratilu jednak je:

$$T_2 = \frac{P_2}{2 \cdot \pi \cdot n_2} = 9,53 \text{ Nm} \Rightarrow T_2 = 10 \text{ Nm}$$

Sile u ležajevima:

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_A + F_B + F_C = 0$$

$$F_A = F_B + F_C$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_A \cdot 50 + F_C \cdot 25 = 0$$

$$F_C = -848 \text{ N}$$

$$F_B = 1272 \text{ N}$$

Proračun idealnog oblika vratila

Za materijal vratila St52-3

$$\sigma_{fDNdop} = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{fDN} = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{DI} = 190 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{fDN}}{1,73 \cdot \tau_{DI}}; \alpha_0 = 0,73$$

Reducirani momenti u pojedinim presjecima vratila:

$$M_{red} = \sqrt{M^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T)^2}$$

$$M_1 = 21200 \text{ Nmm}$$

$$M_{1red} = 22122 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = 25440 \text{ Nmm}$$

$$M_{2red} = 26213,75 \text{ Nmm}$$

$$M_3 = 31800 \text{ Nmm}$$

$$M_{3red} = 32422,33 \text{ Nmm}$$

$$M_4 = 21200 \text{ Nmm}$$

$$M_{4red} = 22147,46 \text{ Nmm}$$

Promjeri vratila:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{red}}{\sigma_{fDNdop}}}$$

$$d_1 = 16,42 \text{ mm odabran presjek vratila } d_1 = 18 \text{ mm}$$

$$d_2 = 17,37 \text{ mm odabran presjek vratila } d_2 = 20 \text{ mm}$$

$$d_3 = 18,64 \text{ mm odabran presjek vratila } d_3 = 20 \text{ mm}$$

$$d_4 = 16,43 \text{ mm odabran presjek vratila } d_4 = 24 \text{ mm}$$

Kontrolni proračun vratila u pojedinim presjecima s obzirom na koncentracije naprezanja (zarežno djelovanje)

Presjek I-I

$$b_1 = 0,95 \text{ za } d_1 = 18 \text{ mm}$$

$$b_2 = 0,91 \text{ za } R_{max} = 3,2 \text{ i } R_m = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{kf} = 1,8 \text{ za } \frac{\rho}{d} = 0,02$$

$$S_{post} = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_{fDN}}{\varphi \cdot \beta_{kf} \cdot \sigma_{f2}} \Rightarrow S_{post} = 3$$

$$\sigma_{f2} = \frac{M_{red}}{W} \Rightarrow \sigma_{f2} = 37,93 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 \Rightarrow W = 583,2 \text{ mm}^3$$

Presjek II - II

$$b_1 = 0,95 \text{ za } d_1 = 20 \text{ mm}$$

$$b_2 = 0,91 \text{ za } R_{max} = 3,2 \text{ i } R_m = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{kf} = 1$$

$$S_{post} = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_{fDN}}{\varphi \cdot \beta_{kf} \cdot \sigma_{f2}} \Rightarrow S_{post} = 6,3$$

$$\sigma_{f2} = \frac{M_{red}}{W} \Rightarrow \sigma_{f2} = 32,76 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 \Rightarrow W = 800 \text{ mm}^3$$

Presjek III - III

$$b_1 = 0,95 \text{ za } d_1 = 20 \text{ mm}$$

$$b_2 = 0,91 \text{ za } R_{max} = 3,2 \text{ i } R_m = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{kf} = 1,8 \text{ za } \frac{\rho}{d} = 0,02$$

$$S_{post} = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_{fDN}}{\varphi \cdot \beta_{kf} \cdot \sigma_{f2}} \Rightarrow S_{post} = 2,84$$

$$\sigma_{f2} = \frac{M_{red}}{W} \Rightarrow \sigma_{f2} = 40,53 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 \Rightarrow W = 800 \text{ mm}^3$$

Presjek IV - IV

$$b_1 = 0,95 \text{ za } d_1 = 20 \text{ mm}$$

$$b_2 = 0,91 \text{ za } R_{max} = 3,2 \text{ i } R_m = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{kf} = 1$$

$$S_{post} = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_{fDN}}{\varphi \cdot \beta_{kf} \cdot \sigma_{f2}} \Rightarrow S_{post} = 12,81$$

$$\sigma_{f2} = \frac{M_{red}}{W} \Rightarrow \sigma_{f2} = 16,021 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 \Rightarrow W = 1382,4 \text{ mm}^3$$

Sigurnost je u svim presjecima veća od potrebne.

5.4 Proračun ležajeva

Ležaj je opterećen radijalnom silom $F_r = 1272 \text{ N}$ i aksijalnom silom $F_a = 200 \text{ N}$.

Potreban vijek trajanja ležaja za poljoprivredne strojeve iznosi $L_h = 6000 \text{ h}$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

$p = 3$ za kuglične ležajeve

$$\frac{C}{P} = \frac{f_L}{f_n \cdot f_t}$$

$$f_L = \sqrt[p]{\frac{L_{h10}}{500}} \Rightarrow f_L = 2,289$$

$$f_n = \sqrt[p]{\frac{33,3}{n}} \Rightarrow f_n = 0,2229$$

$f_t = 1$ za temperature manje od 120°

$$C = P \cdot \frac{f_L}{f_n \cdot f_t}$$

$$F_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$

$$X_0 = 0,6$$

$$Y_0 = 0,5$$

$$F_0 = 863,2 \text{ N} < F_r$$

$$P_{ekv} = F_r$$

$$C = 13062,4 \text{ N}$$













Odabire se ležaj tvrtke SKF oznake 6204 ETN9 sa $C=15,6 \text{ kN}$.

5.5 Odabir kotača

Budući da je preko kotača potrebno regulirati visinu košnje, a njegov promjer mora biti dovoljno velik da može voziti po neravnom tlu, odabire se kotač tvrtke Tellure rota promjera 160 mm.



Slika 15: Kotač Tellure rota [11]

											
	160	40	193	56	102	40	86	180	2,78	*	535520

Tablica 6: Podaci o kotaču Tellure rota [11]

5.6 Odabir noža

Za rezanje trave odabirem univerzalni nož tvrtke Agroforg promjera 53 cm.



Slika 16: Univerzalni nož za kosilicu Agroforg [12]

5.7 Odabir standardne prirubnice za nož

Za univerzalni nož tvrtke Agroforg odbirem prirubnicu tvrtke MTD naziva "Blade adapter kit".



Slika 17: Blade adapter kit MTD [13]

6. ZAKLJUČAK

Kvalitetna košnja travnjaka važna je u poljoprivredi, ali i u uređivanju parkova, perivoja i svih travnatih površina. Košnja travnjaka utječe na gustoću travnatog pokrivača pospješujući rast lisne mase i korijena, a važna je i zbog estetskog dojma.

Za kvalitetan rez potrebna je kvalitetna kosilica s oštrim noževima jer tupi noževi čupaju vlati, što dovodi do oštećenja busenova, vlati dehidriraju i postaju podložnije bolestima. U ovom radu bavimo se rotacijskom kosilicom koju pokreće traktor.

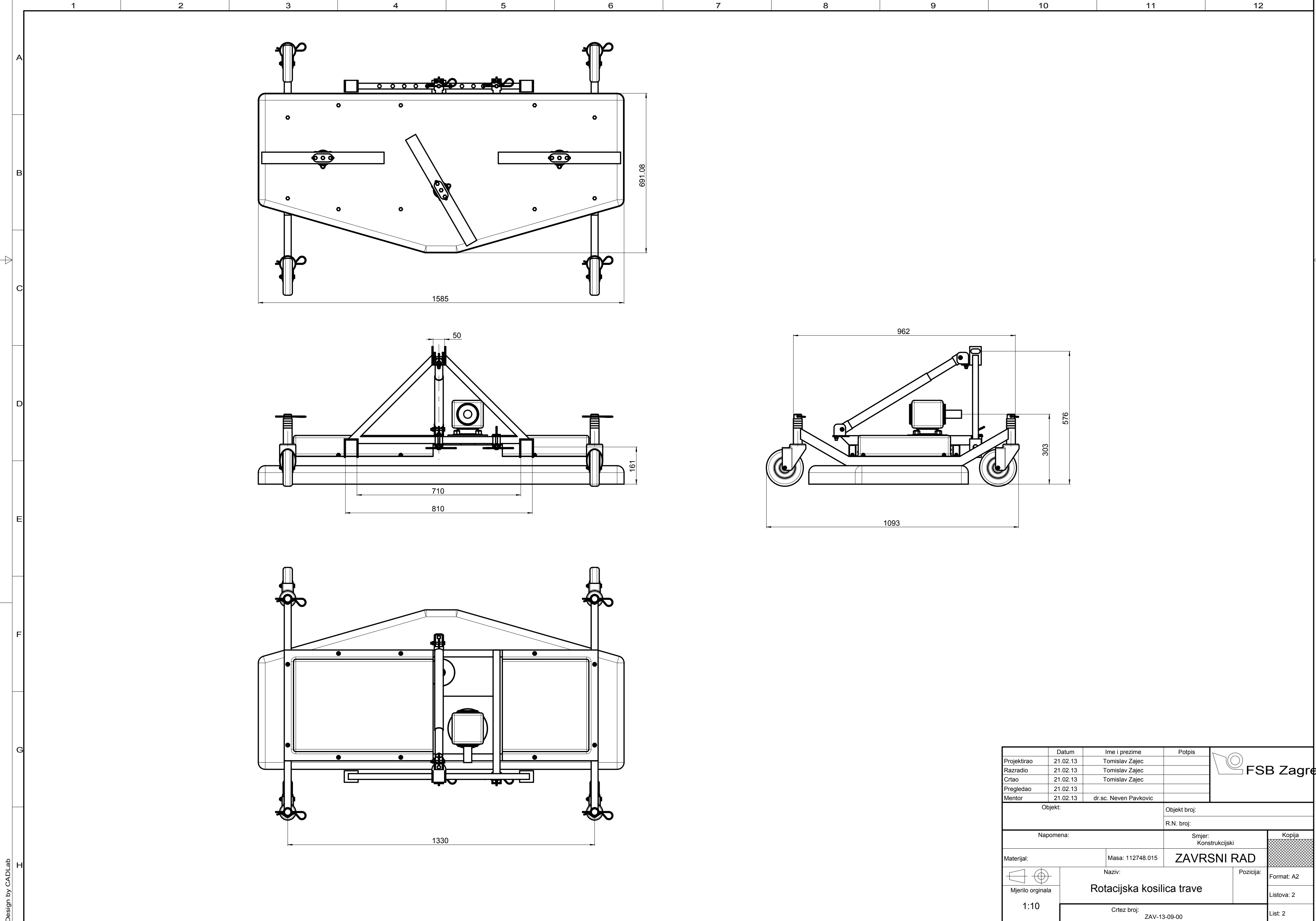
Koncept na kojem se temelji naše rješenje ima tri noža, ali je prijenos snage izveden s tri različita remena. Na svaki nož ide zaseban remen, što znatno pojednostavljuje izvedbu. Koncept ima mogućnost pomaka trotočja lijevo - desno, što omogućuje pomak kosišta pokraj kotača traktora. Budući da se kosište pomiče lijevo – desno, poboljšana je kvaliteta košnje voćnjaka i vinograda na način da traktor ne mora doći blizu mladice, čime ju može oštetiti. Naš uređaj također je pogodan za uporabu na neravnim i strmim terenima, jer koristi traktor samo za vučnu silu, a ne opterećuje ga dodatno kao mnogi uređaji na tržištu.

LITERATURA:

- [1] Košnja Travnjaka, <http://www.uredjenjedoma.com/467/kosnja-travnjaka/>, datum pristupa 20.12.2012.
- [2] Messis d.o.o., http://www.messis.hr/poljoprivredni_strojevi, datum pristupa 07.02.2013.
- [3] John Deere Products & Services,
http://www.deere.com/wps/dcom/en_US/regional_home.page, datum pristupa 07.02.2013.
- [4] Kvalitetan Travnjak - www.dom.com.hr,
<http://www.dom.com.hr/eksterijeri/vrtovi/travnjaci/kvalitetan-travnjak.dom>, datum pristupa 23.12.2012.
- [5] KARDANI CERJAK _ Pavin, <http://www.pavin.hr/clanak/kardani-cerjak>, datum pristupa 07.02.2013.
- [6] Sve vrste kardanskih vratila,
http://www.masinskaobrada.com/product.php?id_product=21, datum pristupa 07.02.2013.
- [7] ZRT Lawnmower for small tractors, http://www.zanon.it/eng/product_29.php, datum pristupa 21.12.2012.
- [8] Malčer RMS - od 10 do 30 KW (14-40 KS), <http://www.inobrezice.com/hrv/malcer-rms.html>, datum pristupa 20.12.2012.
- [9] Hittner - Tvornica traktora Hittner d.o.o. Bjelovar, Hrvatska,
http://hittner.hr/poljoprivredna-mehanizacija/hrvatska/straznja_rotaciona_kosilica_za_traktor/, datum pristupa 21.12.2012.
- [10] <http://www.seekpart.com/company/1944/products/201161395840703.html#>, datum pristupa 21.12.2012.
- [11] Tellure Rota Industrial wheels and castors, polyurethane wheels, rubber wheels,
http://www.tellurerota.com/tellurerota/webform_ING.nsf/SkProdotto?OpenForm&CODICE=53-ST-53_SRCI, datum pristupa 07.02.2013.
- [12] Agroforg Kft.- Kerti kisépek kis- és nagykereskedelme - Kezdőlap,
<http://www.agroforg.hu/>, datum pristupa 07.02.2013.
- [13] MTD Blade Adapters, <http://www.lawnmowerpros.com/MTD/MTD-Blade-adapters.asp>, datum pristupa 07.02.2013.
- [14] Krautov strojarski priručnik
- [15] Elementi strojeva, Karl – Heinz Decker

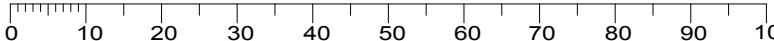
PRILOZI

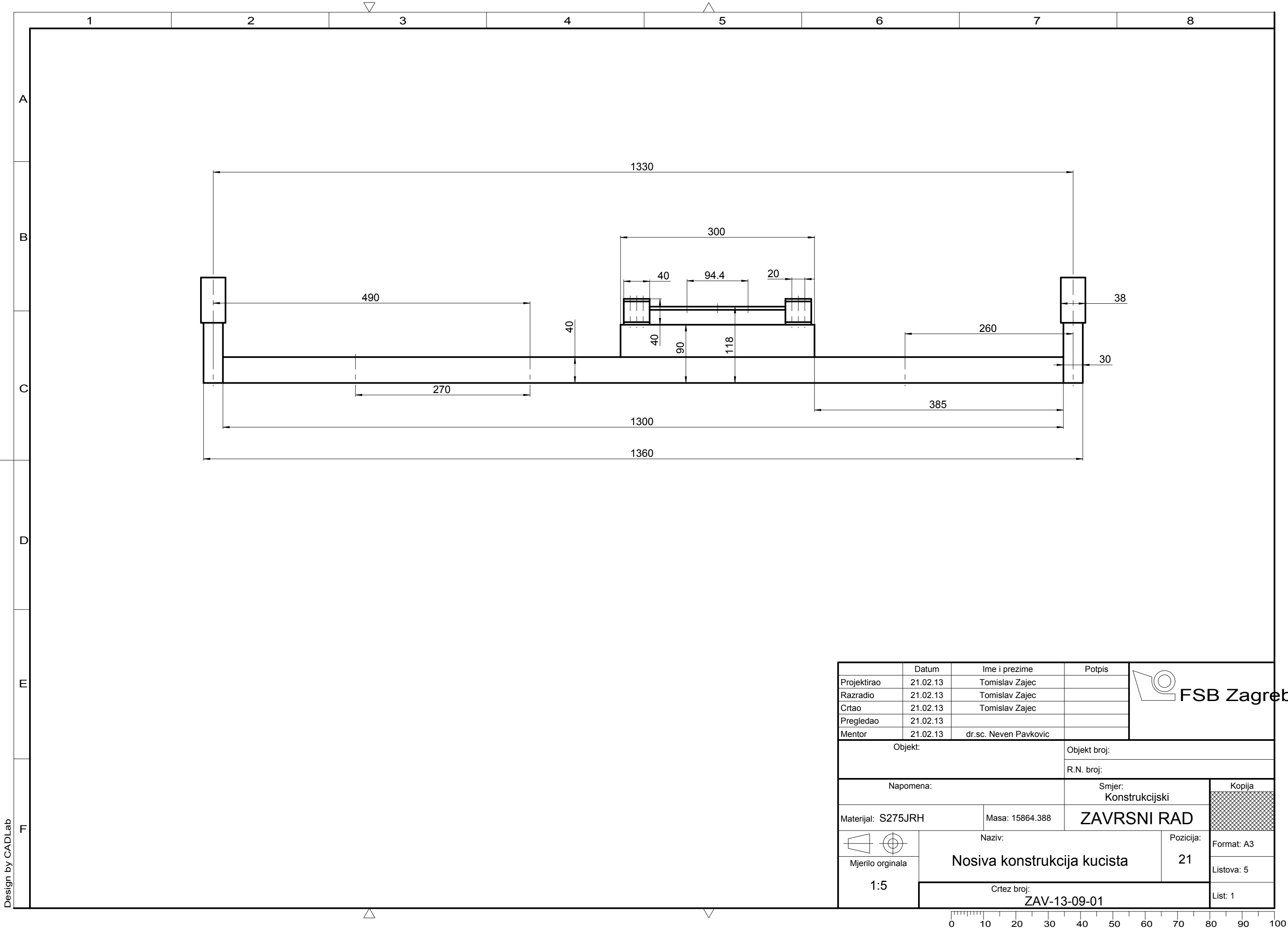
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija



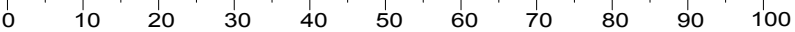
Design by CADLab

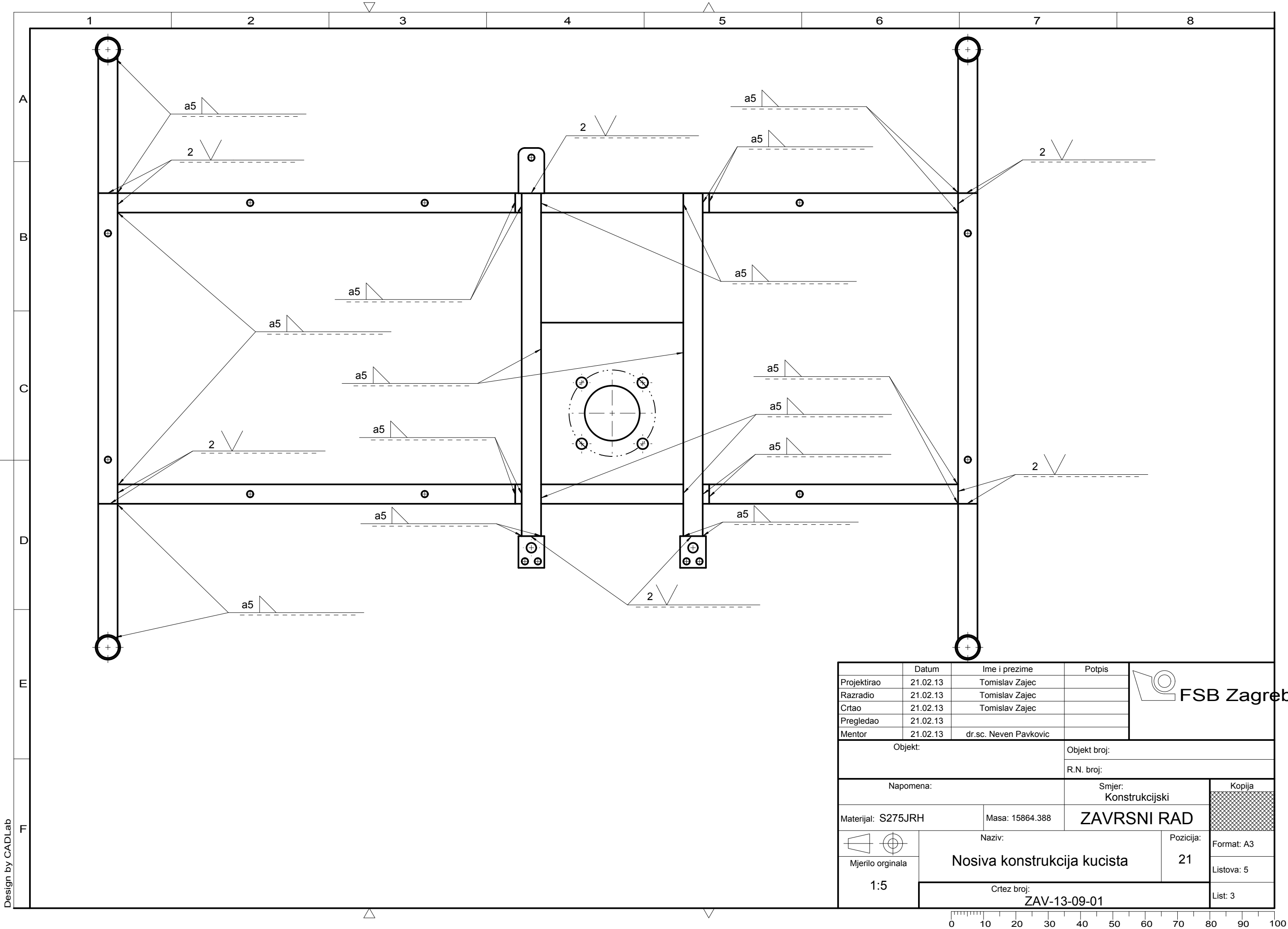
	Datum	Ime i prezime	Potpis	<div>FSB Zagreb</div>	
Projektirao	21.02.13	Tomislav Zajec			
Razradio	21.02.13	Tomislav Zajec			
Crtao	21.02.13	Tomislav Zajec			
Pregledao	21.02.13				
Mentor	21.02.13	dr.sc. Neven Pavkovic			
Objekt:			Objekt broj:		
			R.N. broj:		
Napomena:			Smjer: Konstrukcijski		Kopija
Materijal:		Masa: 112748.015	ZAVRSNI RAD		
	Naziv:			Pozicija:	Format: A2
Mjerilo originala	Rotacijska kosilica trave				Listova: 2
1:10	Crtez broj: ZAV-13-09-00				List: 2



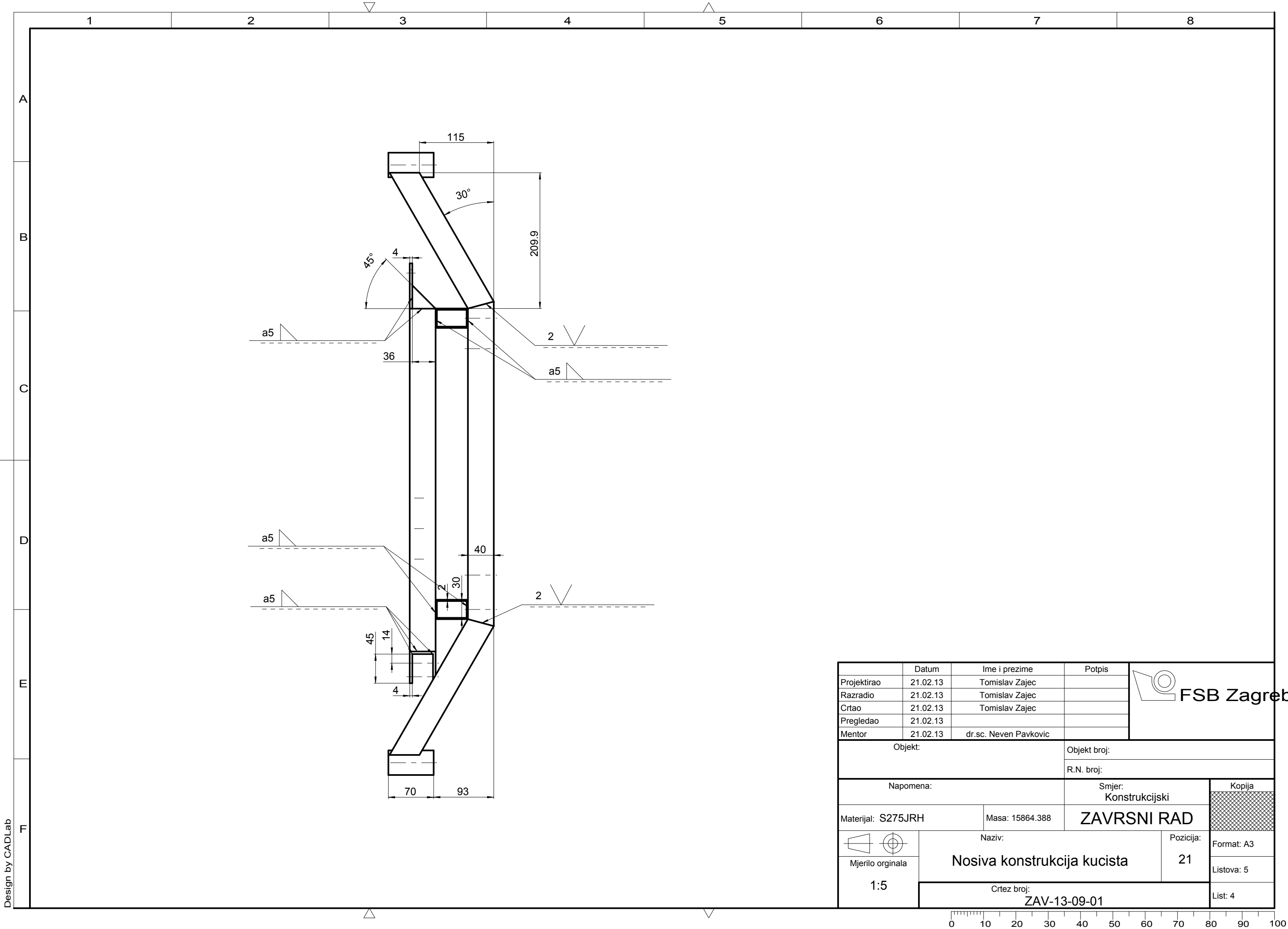


	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	21.02.13	Tomislav Zajec		
Razradio	21.02.13	Tomislav Zajec		
Crtao	21.02.13	Tomislav Zajec		
Pregledao	21.02.13			
Mentor	21.02.13	dr.sc. Neven Pavkovic		
Objekt:			Objekt broj:	
			R.N. broj:	
Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
Materijal: S275JRH		Masa: 15864.388	ZAVRSNI RAD	
 Mjerilo originala 1:5	Naziv: Nosiva konstrukcija kucista			Pozicija: 21
	Crtez broj: ZAV-13-09-01			
			Format: A3	
			Listova: 5	
			List: 1	

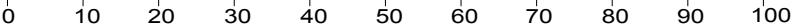


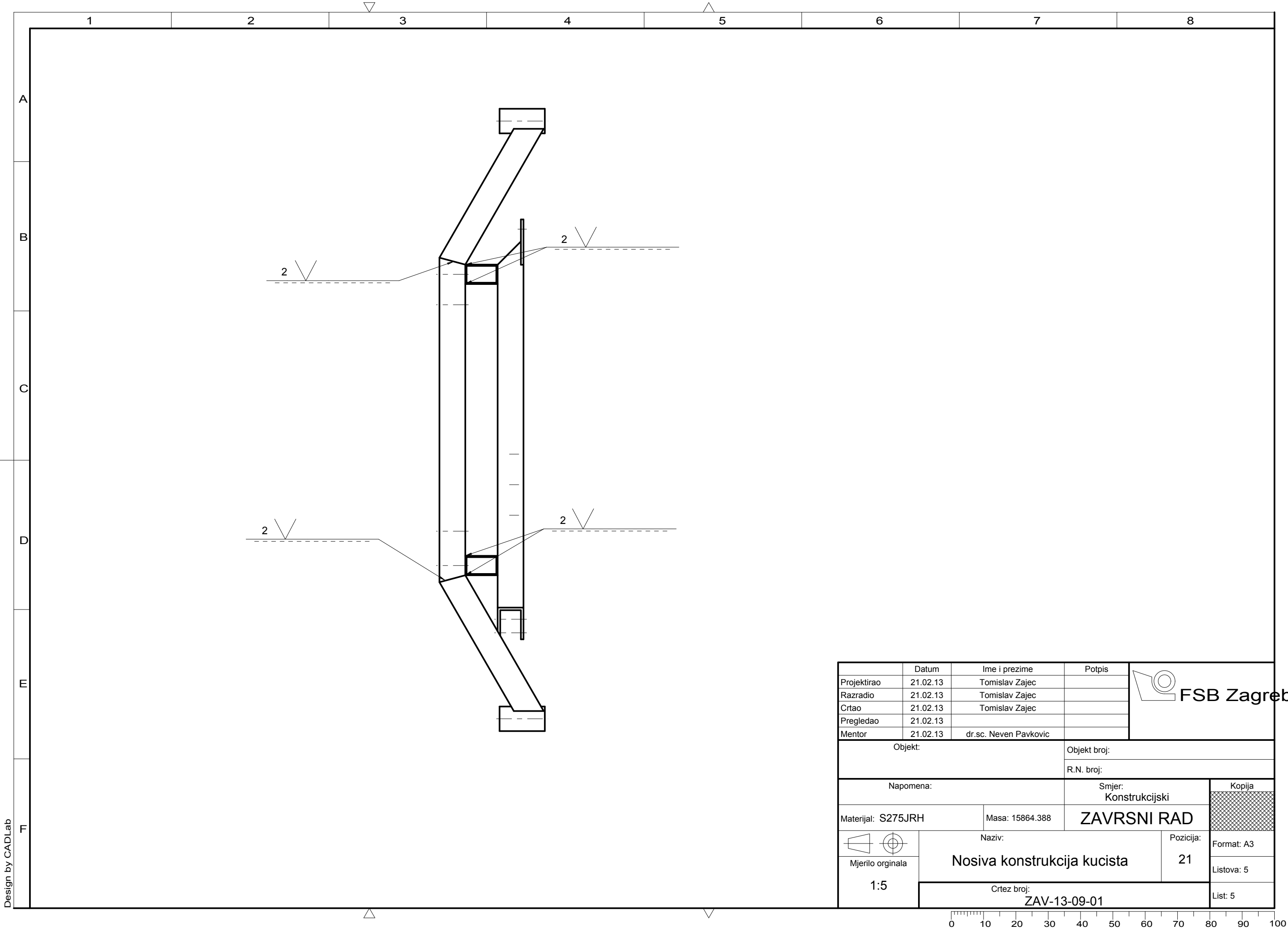


	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	21.02.13	Tomislav Zajec		
Razradio	21.02.13	Tomislav Zajec		
Crtao	21.02.13	Tomislav Zajec		
Pregledao	21.02.13			
Mentor	21.02.13	dr.sc. Neven Pavkovic		
Objekt:			Objekt broj:	
			R.N. broj:	
Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
Materijal: S275JRH		Masa: 15864.388	ZAVRSNI RAD	
 Mjerilo originala	Naziv: Nosiva konstrukcija kucista			
1:5	Crtez broj: ZAV-13-09-01			Format: A3
				Listova: 5
				List: 3



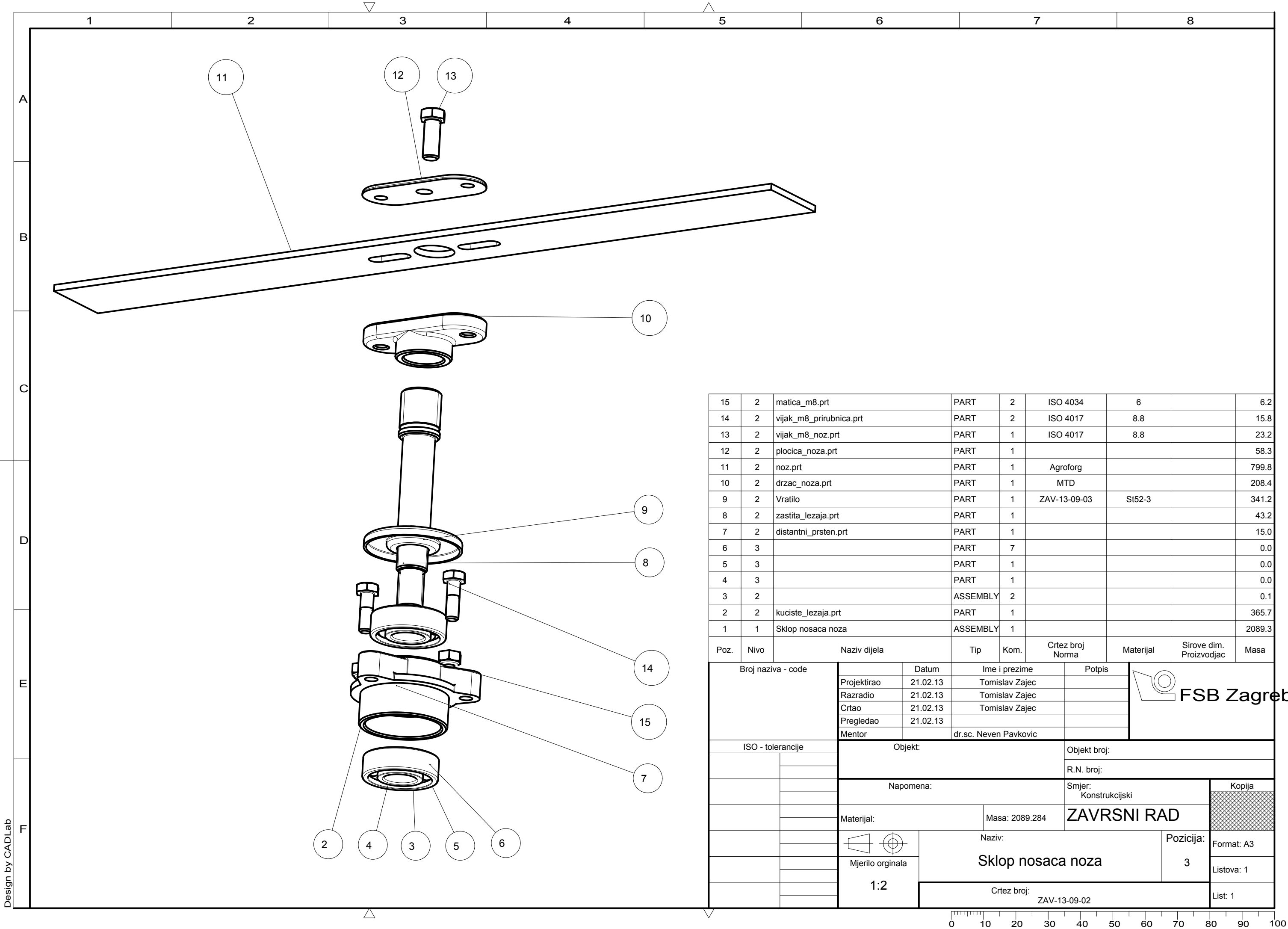
	Datum	Ime i prezime	Potpis	<div> FSB Zagreb</div>	
Projektirao	21.02.13	Tomislav Zajec			
Razradio	21.02.13	Tomislav Zajec			
Crtao	21.02.13	Tomislav Zajec			
Pregledao	21.02.13				
Mentor	21.02.13	dr.sc. Neven Pavkovic			
Objekt:			Objekt broj:		
			R.N. broj:		
Napomena:			Smjer: Konstrukcijski		Kopija
Materijal: S275JRH		Masa: 15864.388	ZAVRSNI RAD		<div></div>
<div></div>	Naziv:			Pozicija:	Format: A3
Mjerilo originala	Nosiva konstrukcija kucista			21	Listova: 5
1:5	Crtez broj: ZAV-13-09-01				List: 4

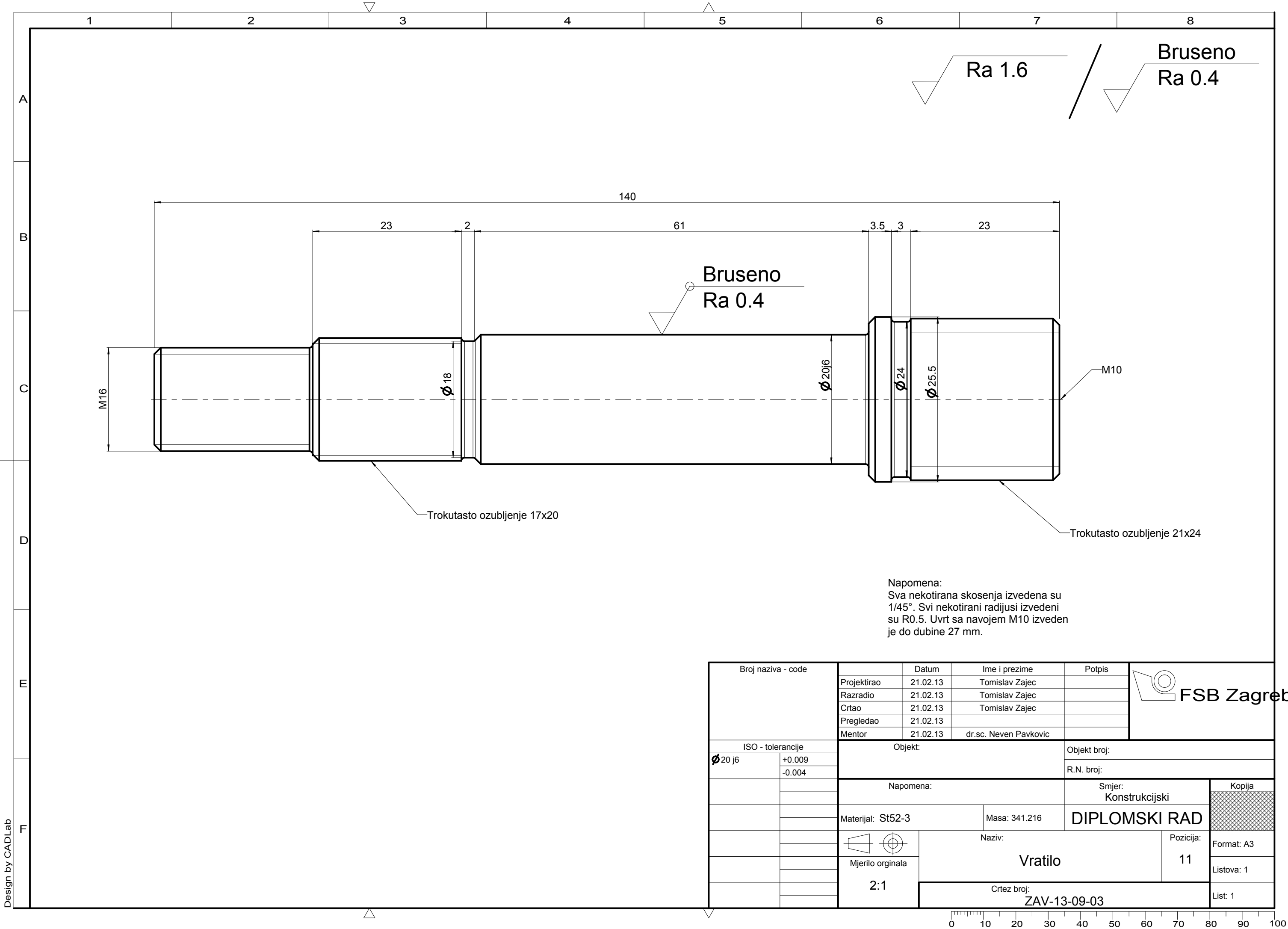


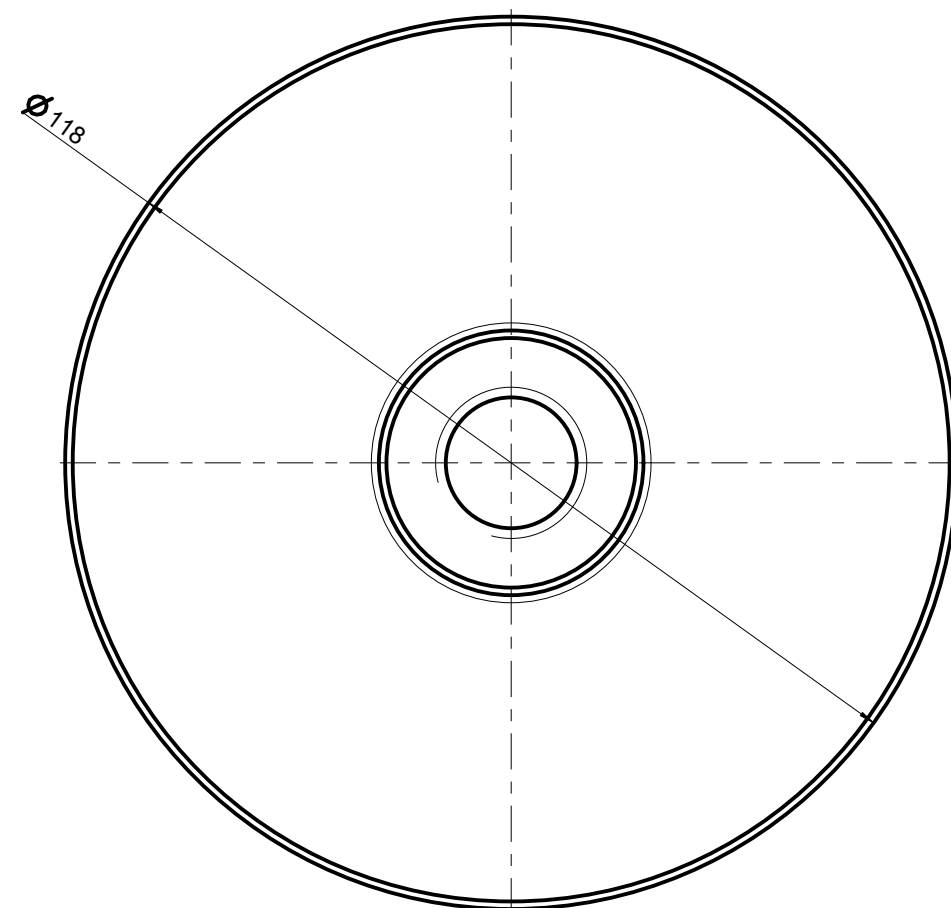
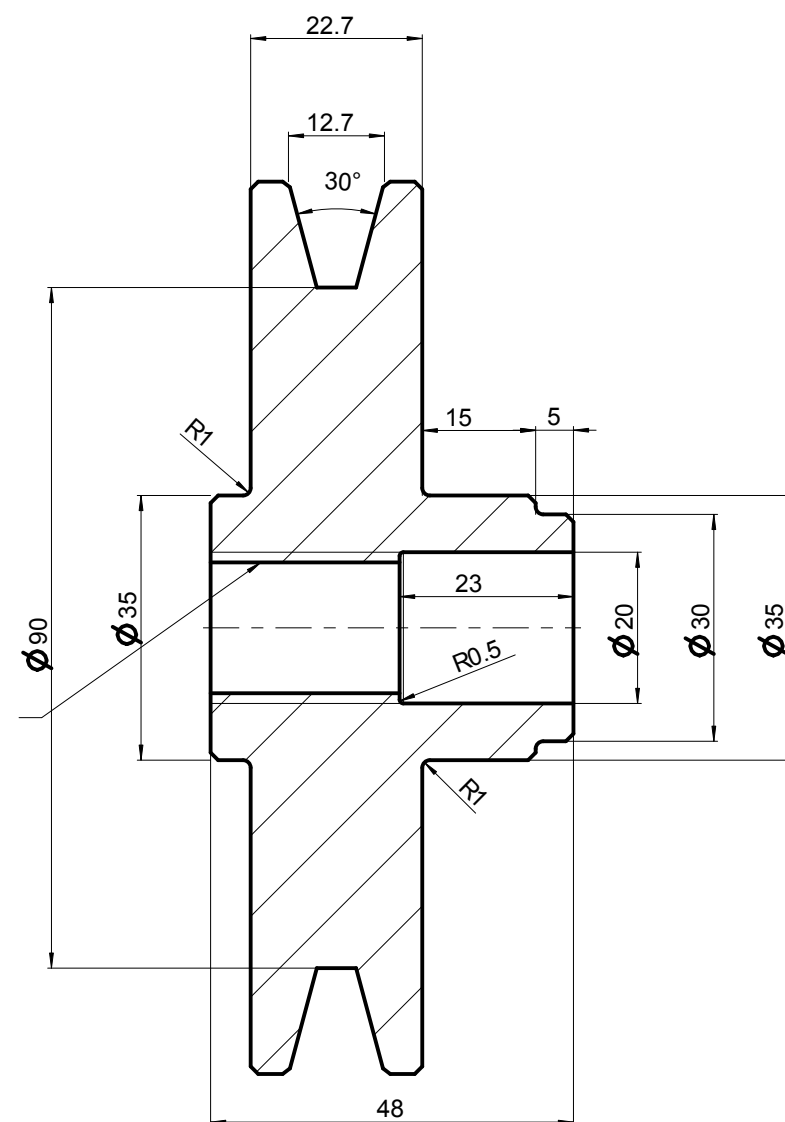



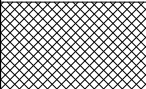
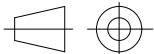
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	21.02.13	Tomislav Zajec		
Razradio	21.02.13	Tomislav Zajec		
Crtao	21.02.13	Tomislav Zajec		
Pregledao	21.02.13			
Mentor	21.02.13	dr.sc. Neven Pavkovic		
Objekt:			Objekt broj:	
			R.N. broj:	
Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
Materijal: S275JRH		Masa: 15864.388	ZAVRSNI RAD	
 Mjerilo originala	Naziv: Nosiva konstrukcija kucista			
1:5	Crtez broj: ZAV-13-09-01			Format: A3
				Listova: 5
				List: 5

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100







Broj naziva - code	Projektirao	21.02.13	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Razradio	21.02.13	Tomislav Zajec		
	Crtao	21.02.13	Tomislav Zajec		
	Pregledao	21.02.13			
	Mentor	21.02.13	dr.sc. Neven Pavkovic		
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R.N. broj:	
	Napomena: Sva nekotirana skosenja izvedena su kao 1/45°			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal:		Masa: 1687.907	ZAVRSNI RAD	
		Naziv:			Pozicija:
		Mala remenica			54
	Mjerilo originala 1:1	Crtez broj:			Format: A3
		ZAV-13-09-04			Listova: 1
					List: 1

